

Н. Б. ЛОГИНОВА, М. В. ХАМИДУЛИНА

**АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСЕВОГО ПОБЕГА
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ВЫРОСШИХ
НА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ЗОЛЕ
ЮЖНО-КУЗБАССКОЙ ГРЭС**

Выращивание многолетних трав на золоотвалах способствует закреплению их поверхности. Но, наряду с ними, значительное место в озеленении отвалов отводится древесным растениям и, в первую очередь, тем, которые поселяются самостоятельно.

Наблюдения за подобным самозаращением древесными растениями проводились на золоотвале Южно-Кузбасской ГРЭС (ЮК ГРЭС). Опытные работы велись в течение трех лет, начиная с 1964 года. Объектом работы явились молодые растения осины и ивы, которые поселились самостоятельно. Появление именно этих видов древесных растений на золоотвале обусловлено обилием их в окружающей местности. Выяснялось действие золы на рост и развитие растений, а также наилучший способ консервации поверхности золоотвала.

Зола является весьма специфическим субстратом с определенным механическим составом, тепловым и водным режимами. Отсутствие органической основы и механическое воздействие частиц золы создают определенные трудности для жизни растений. Естественно предположить, что растения, произрастая на таком специфическом субстрате, будут иметь и какие-то приспособительные качества.

Для проведения опытных работ наблюдения велись в трех вариантах опыта: на чистой золе, золе с 2-сантиметровым почвенным покрытием (зола+почва) и золе с внесением полного минерального удобрения (зола+НРК). В качестве контроля исследовались растения осины и ивы на почве.

Ввиду того, что работы на золоотвале велись в течение только трех лет, была возможность исследовать молодые осины и ивы во всех вариантах опыта не старше этого возраста.

Фиксировались растения в одинаковых условиях рельефа, обеспеченности водой и светом.

Изучению анатомического строения осин и ив предшествовал анализ самозарастания опытных участков этими видами. При этом подсчет проводился на 4 м² в пяти повторностях.

При составлении методики по морфолого-анатомическому анализу использовались методические указания следующих авторов: В. Ф. Раздорского (1949), А. А. Яценко-Хмелевского (1954), В. Е. Вихрова (1959), М. Н. Прозиной (1960) и В. Г. Николаевского (1964).

В процессе наблюдения за растениями отмечалась высота растений, годовой прирост, диаметр основания осевого побега, количество побегов второго порядка.

Для изучения анатомического строения был взят осевой побег длиной 2—3 см на расстоянии 1—1,5 см от поверхности земли. Материал фиксировался в десятикратной повторности в смеси глицерина и спирта. Всего было сделано около 350 поперечных срезов стебля. Срезы изготавливались ручным способом, одревесневшие оболочки окрашивались флороглюцином с соляной кислотой. При анатомическом исследовании использовался микроскоп МБД-1 с общим увеличением 80, 120, 200 и 400.

При изучении анатомического строения поперечных срезов стебля отмечалось наличие тканей, характер их расположения и особенности строения, размеры тканей и составляющих их клеток.

Так как растения на опытных участках находились на третьем году жизни, то во всех вариантах основному изучению подвергался прирост 1965 года, как самый стабильный, причем изучались срезы с южной стороны стебля.

При анализе данных самозарастания опытных участков золоотвала на 4 м² насчитывалось в среднем в варианте зола+почва 3,55 осины и 5,44 ивы, зола+НРК — 1,28 осины и 0,66 ивы, а на чистой золе — только 0,16 осины и 0,66 ивы. Из этих показателей видно, что наиболее благоприятным вариантом для самозарастания золоотвала ЮК ГРЭС осинами и ивами является зола+почва, но, однако, и на чистой золе можно отметить участок, где на 5 м² выросло 27 осин и ив. Такая насыщенность чистой золы древесными растениями объясняется тем, что семена их попали в углубления и трещины на поверхности золоотвала, где получили достаточную влажность для прорастания и откуда не выдувались ветром.

Наблюдаемые осины и ивы на почве выглядели хорошо развитыми побегами, достигшими к 3-му году жизни 97,2 см в высоту, в среднем на одно растение приходилось до 8,33 побега второго порядка. Но прирост 1965 года невелик — всего 15,7 см; это можно объяснить засушливым летом.

При микроскопических исследованиях поперечных срезов стебля заметна незначительная толщина коровой части, в среднем она равняется 720 мк.

Паренхима первичной коры характеризуется довольно крупными клетками, размер которых в тангентальном направлении

32 мк, что в два раза превышает радиальный размер клеток (14,83 мк).

Развитие механических тканей в коровой части незначительное. Склеренхима во флоэмной части встречается редкими мелкими группами с диаметром до 40 мк. В поле зрения при увеличении в 80 раз находится в среднем 1—3 группы склеренхимных волокон.

Древесина в основном состоит из тонкостенных клеток, общая толщина древесины — 2037,3 мк, а толщина годичного кольца 1965 года — 890,6 мк.

Сосуды в ксилеме 1965 года многочисленные без особого рисунка, равномерно рассеяны по всей ширине годичного кольца. Они хорошо выражены, округлые с диаметром 28 мк, чаще одиночные, но встречаются и группами по 2—5 сосудов.

Сердцевидные лучи многочисленные — 9,75 штук на 1 мм окружности годичного кольца, прямые, узкие, однорядные. Клетки лучей вытянуты в радиальном направлении.

Сердцевина хорошо выраженная, со средним диаметром 736,7 мк, имеется у всех растений осины. Клетки сердцевинны крупные (113,33 мк), четкие.

Следовательно, значительная высота растений, тонкая кора, отсутствие хорошо развитой склеренхимы, крупные сосуды, наличие развитой сердцевинны подтверждают благоприятные условия жизни осины на почве, где они защищены густой травянистой растительностью от механических воздействий ветра, ожогов солнца и где получают достаточно питательных веществ для нормального роста и развития.

Условия произрастания на золе, которые являются явно противоположными почвенным, оказали свое влияние и на развитие растений.

К трехлетнему возрасту осины, выросшие на чистой золе, достигли всего 22,25 см в высоту, что в 4,5 раза меньше, чем на почве. Прирост осевого побега в 1965 году равен 9 см, а количество побегов второго порядка 4. Эти данные в 2 раза ниже, чем у растений осины, выросших на почве. Диаметр осевого побега также незначителен и равен 3,9 мм.

Анатомические исследования поперечных срезов осевых побегов осины в варианте чистой золы также указали на неблагоприятные условия жизни.

У растений на чистой золе, несмотря на меньший диаметр стебля, наблюдается утолщение коровой части за счет увеличения размеров клеток паренхимы первичной коры, которые в радиальном направлении достигают 22,0 мк. Такую особенность клеток можно объяснить недостатком пластических веществ для своевременного деления и ввиду этого их вытягивание.

Отмечается рыхлость в паренхимной структуре. Воздушные полости в паренхиме первичной коры защищают растение от ожогов солнца, так как воздух плохой проводник тепла.

Можно отметить повышенную склерофикацию коры, что снижает запасающую функцию коровой части. Группы склеренхимных волокон крупные, вытянутые, тангентальный размер их в 4—5 раз превышает радиальный.

В поле зрения при увеличении в 80 раз встречается 2—4 группы склеренхимных волокон, размер которых достигает 120 мк в тангентальном направлении.

Ввиду заниженной деятельности камбия, радиус центрального цилиндра (1651,7 мк) почти в 2 раза меньше, чем у растений осины на почве (2873,9 мк). Кроме того, отмечена патологическая деятельность камбия, она заключается в том, что некоторые участки ксилемы вдаются во флоэмную часть.

Сосуды в ксилеме 1965 года мелкие, невыразительные, их часто трудно отличить от древесных элементов. Они равномерно рассеяны по всей ширине годовичного кольца, чаще находятся по 8—12 сосудов в группе. На 1 мм² встречается до 117,58 сосуда, что в 2 раза превышает количество их на почве (52,23).

Сердцевинные лучи однорядные, волнистые с радиальным размером клеток 24,4 мк.

Сердцевина, как правило, плохо развита, рыхлая, со средним диаметром 202 мк. У некоторых экземпляров осины на чистой золе сердцевина полностью отсутствует или она представлена 1—2 клетками. Частое отсутствие сердцевины или ее недоразвитость объясняется тем, что пластические вещества в первую очередь идут на построение более необходимых элементов, таких, как сосуды и механические волокна.

Низкорослость растений, незначительный годичный прирост 1965 года, количество побегов второго порядка, а также повышенная склерофикация коры, увеличение размеров клеток паренхимы первичной коры, наличие в ней воздушных полостей; снижение деятельности камбия, уменьшение общей толщины древесины, увеличение количества сосудов при уменьшении их диаметра — все это говорит о неблагоприятных условиях жизни для растений осины, необеспеченности питательными веществами, о действии ветров и частиц золы.

Вместе с тем следует отметить, что растение, изменяя свое строение в связи с условиями среды, приспосабливается к перенесению неблагоприятных воздействий и продолжает существовать. Следовательно, зола является не очень желательным, но приемлемым субстратом для растений осины.

В варианте зола+НРК осины достигли к 3-летнему возрасту в среднем 40 см в высоту, что в 2 раза меньше, чем у растений на почве. Прирост 1965 года равен 25,5 см, что в 1,6 раза больше, чем у растений в контроле (почва). Это можно объяснить достаточной влажностью субстрата летом 1965 года по сравнению с почвой и внесением азотного питания. Количество побегов второго порядка у растений на золе+НРК равно 4,75 и почти не отличается от количества побегов второго порядка у растений на чистой

золе. Диаметр осевого побега незначительно больше, чем у растений, выросших на почве, и равен 6,6 мм.

Изучение поперечных срезов стебля осины в варианте зола + NPK также подтверждает, что условия существования в этом варианте занимают промежуточное положение между чистой золой и почвой.

У осины в этом варианте отмечается увеличение толщины коровой части по сравнению с растениями на почве и чистой золе. Увеличение общей толщины коры объясняется утолщением паренхимы первичной коры за счет растяжения ее клеток. Эти размеры соответственно равны 376,5 и 27,7 мк. И если эти увеличения незначительны по отношению к чистой золе, то превосходят показатели почвенного варианта более чем в 2 раза. Такое увеличение размеров клеток, при несущественной вариации количества слоев, дает основание предполагать, как и на чистой золе, о влиянии условий среды на растяжение клеток.

Количество склеренхимных групп и их размеры почти такие же, как у растений осины, выросших на чистой золе. Вновь отмечается патологическая деятельность камбия.

Данные измерений радиуса центрального цилиндра, общей толщины древесины, диаметра сосудов и количества их на единицу площади указывают на сходство в строении этих элементов в варианте зола + NPK с элементами осевого побега растений осины, выросших на почве.

Хотя отсутствия сердцевины и не наблюдалось, но диаметр сердцевины и размер ее клеток говорит о близости этого варианта к чистой золе.

Из анализа всех данных морфолого-анатомических исследований видно, что вариант зола + NPK более благоприятен для скорейшего зарастания золоотвала ЮК ГРЭС растениями осины, чем чистая зола.

Осины, взятые для исследования в варианте зола + почва, выглядели более жизнеспособными, чем в вариантах зола + NPK и чистая зола.

Хотя у растений и наблюдается некоторое замедление в росте, но обильное ветвление и диаметр осевого побега свидетельствуют в пользу варианта зола + почва. Количество побегов второго порядка в среднем на одно растение равно 7,5, а диаметр осевого стебля 6,8 мм.

Анатомические исследования поперечных срезов осевого побега осины подтверждают, что вариант зола + почва является лучшим не только по отношению к чистой золе, но и к золе + NPK.

Обильный покров многолетних трав в варианте зола + почва защищает молодые побеги осины от солнечных ожогов и механических повреждений ветром и частичками золы. Вероятно, поэтому и склеренхимные группы во вторичной коре мельче, чем у растений в вариантах зола + NPK и чистая зола. В среднем они достигают 50—100 мк в тангентальном направлении.

Таблица 1

Данные морфолого-анатомического исследования растений осины по вариантам

Признаки	Варианты			
	почва	зола+ почва	зола+NPK	чистая зо- ла
Высота, см	97,20	34,33	40,00	22,25
Прирост 1965 года, см	15,66	22,20	26,50	9,00
Количество побегов второго порядка	8,33	7,50	2,75	4,00
Диаметр осевого побега, мм	5,10	6,88	6,66	3,87
Толщина коровой части, мк	720,00	1177,60	1148,80	852,66
Общая толщина перидермы, мк	95,91	74,50	71,50	49,40
Паренхима первичной коры				
толщина паренхимы, мк	155,83	376,60	376,50	342,75
количество слоев	10,00	14,00	13,90	12,50
радиальный размер клеток, мк	14,83	26,15	27,68	21,98
тангентальный размер клеток, мк	32,00	34,66	42,25	—
Радиус центрального цилиндра, мк	2873,89	3175,30	3038,40	1651,66
Тангентальный размер склеренхимных групп, мк	40,00	65,00	120,00	120,00
Общая толщина древесины, мк	2037,30	2275,20	2227,60	1484,00
Толщина ксилемы 1965 года, мк	890,56	1192,00	784,00	984,30
Сосуды				
диаметр, мк	28,00	26,60	27,14	22,37
количество на 1 мм ²	52,23	229,29	41,40	117,58
Сердцевидные лучи				
количество на 1 мм окружности годичного кольца	9,75	11,00	12,25	11,50
радиальный размер клеток, мк	20,27	22,04	27,60	24,37
тангентальный размер клеток, мк	6,84	11,05	10,80	12,50
Сердцевина				
диаметр, мк	736,66	346,60	220,00	202,00
размер клеток, мк	113,33	32,00	27,29	32,07

Как и у растений, выросших на золе+NPK и чистой золе, клетки паренхимы первичной коры растений варианта зола+почва характеризуются увеличенными размерами.

В этом варианте у осины отмечается самая большая толщина годичного кольца ксилемы 1965 года. Она равна 1192 мк.

Это объясняется более благоприятными условиями обитания и, в частности, наибольшей обеспеченностью водой в варианте зола+почва летом 1965 года по сравнению с другими вариантами.

Об этом же свидетельствуют сосуды, они крупные, четкие, часто одиночные или в группах по 5—10 штук. Но в варианте зола+почва отмечается наибольшее (229,3) количество сосудов на 1 мм² из всех вариантов, диаметр их равен в среднем 26,6 мк.

Сердцевинные лучи и сердцевина количеством и размерами клеток не существенно отличаются от количества и размеров клеток у растений вариантов чистой золы и золы+NPK. Но диаметр сердцевин в среднем больше и равен 346,6 мк.

Наблюдается отсутствие сердцевин.

Данные морфолого-анатомического исследования растений ивы козьей по вариантам

Признаки	Варианты			
	почва	зола+ почва	зола+НРК	чистая зола
Высота, см	81,33	35,00	29,25	33,10
Прирост 1965 года, см	32,00	17,00	16,25	18,25
Количество побегов второго порядка	10,50	9,74	5,00	9,25
Диаметр осевого побега, мм	8,50	6,81	5,87	4,70
Толщина коровой части, мк	842,56	1109,00	996,00	729,00
Общая толщина перидермы, мк	54,10	40,08	74,10	68,25
Паренхима первичной коры				
толщина паренхимы, мк	160,62	258,66	426,25	247,00
количество слоев	8,00	10,25	14,00	11,60
радиальный размер клеток, мк	19,46	27,20	35,34	20,38
тангентальный размер клеток, мк	26,66	28,68	35,75	30,55
Радиус центрального цилиндра, мк	4219,34	2862,41	2574,30	2601,75
Тангентальный размер склеренхимных групп, мк	64,00	84,00	88,50	50,00
Общая толщина древесины, мк	3040,00	1976,00	2027,00	2052,00
Толщина ксилемы 1965 года, мк	1802,60	1025,60	720,00	1005,30
Сосуды				
диаметр, мк	56,85	32,50	32,00	26,30
количество на 1 мм ²	51,47	108,53	98,08	121,01
Сердцевидные лучи				
количество на 1 мм окружности годичного кольца	11,00	13,12	10,00	11,66
радиальный размер клеток, мк	17,55	21,30	34,60	18,39
тангентальный размер клеток, мк	9,75	9,58	9,00	9,00
Сердцевина				
диаметр, мк	1200,00	276,00	234,30	243,00
размер клеток, мк	57,41	36,11	33,60	39,15

Некоторые данные морфолого-анатомического исследования растений осины по вариантам приведены в табл. 1.

Кроме изучения строения осины, в этих же вариантах изучалось строение ивы козьей. Анализ наблюдений над растениями ивы козьей в общих чертах подтверждает выводы наблюдений над растениями осин, поэтому нет необходимости делать детальное описание ивы козьей по вариантам, а некоторые данные приведены в табл. 2.

Исходя из данных самозаращения золоотвала ЮК ГРЭС древесными растениями семейства Salicaceae, а также морфолого-анатомического строения осины и ивы, можно сделать некоторые общие выводы.

Отмечается общее угнетение роста и развития осины и ивы в вариантах опыта по сравнению с почвой; растения отстают в росте, уменьшается количество побегов второго порядка.

Во всех вариантах опыта у растений осины и ивы наблюдается вытягивание клеток паренхимы первичной коры, камбия, сердце-

винных лучей, обнаруживается повышенная склерофикация вторичной коры и патологическая деятельность камбия; уменьшается общая толщина древесины, возрастает количество сосудов на единицу площади при уменьшении их диаметра, отмечается недоразвитость или отсутствие сердцевины.

При выяснении лучшего опытного варианта для произрастания осины и ивы следует отметить, что наиболее благоприятным является вариант зола+почва. Об этом свидетельствуют увеличения количества побегов второго порядка на одно растение, диаметра осевого побега, толстая коровая часть, более своевременное деление клеток паренхимы первичной коры, незначительная склерофикация, наибольшая толщина центрального цилиндра и ксилемы 1965 года, наиболее развитая сердцевина.

Количественное превосходство растений осины и ивы на золе+почва тоже свидетельствует в пользу этого варианта.

Таким образом, можно предположить, что при нанесении 2-сантиметрового слоя почвы на золоотвале ЮК ГРЭС, многолетние травы, совместно с древесными растениями родов *Salix* и *Populus*, в течение 5—10 лет создадут растительный покров вполне достаточный, чтобы золоотвал не пылил, а затем и перестал существовать как пустырь. Кроме того, нанесение почвенного покрытия экономичнее, чем внесение удобрений, так как однажды нанесенный слой почвы не требует дальнейшего ухода, а вариант зола+НРК нуждается в постоянном внимании. Защитные посадки деревьев и кустарников способствуют скорейшему прекращению водно-ветровой эрозии поверхности отвала и превращению этой «индустриальной пустыни» в зеленую зону.

ЛИТЕРАТУРА

Вихров В. Е., 1959. Диагностические признаки древесины главных лесохозяйственных пород СССР. М., АН СССР.

Николаевский В. Г., 1964. К методике количественно-анатомического изучения влияния внешней среды на структуру вегетативных органов высушенных растений.— Бот. журн., т. 49, № 6.

Прозина М. Н., 1960. Ботаническая микротехника. М., «Высшая школа».

Раздорский В. Ф., 1949. Анатомия растений. М., «Сов. наука».

Яценко-Хмелевский А. А., 1954. Основы и методы анатомического исследования древесины. Ин-т леса. М. — Л., АН СССР.